

## formic acid 첨가한 산성분위기에서의 3.5NiCrMoV 강의 응력부식균열 특성 The Susceptibility of Stress Corrosion Cracking of 3.5NiCrMoV steel adding formic acid

맹완영, 이진형\*, 김우철 (한국원자력연구소)

### 1. 서론

응력부식균열(SCC)은 원자력발전소의 저압 터빈 디스크의 파손을 일으키는 주원인중의 하나이다. 영국의 Hinkey Point A 원자력 발전소에서 과속실험 도중 저압증기터빈에서 최초로 대규모 파손 사고가 발생하였다[1]. 사고원인을 조사한 결과, 디스크의 keyway 부위에서 발생한 응력부식균열(SCC)이 임계 균열까지 성장한 후 기계적 파손이 일어난 것으로 판명되었다. 이 사고 후 전세계적으로 저압터빈에 대한 검사가 이루어 졌다. 저압터빈의 디스크 균열은 터빈으로 들어온 건조한 공기가 처음 액상으로 응축되는 지점 또는 그 아래부분에 존재한다[2]. 균열은 주로 입계를 따라 진전되었으며(IGSCC), 가지가 발달되었고(branched), 산화철로 채워져 있었다.

많은 논문들에서 가혹한 환경인 고농축 NaOH 용액에서 응력부식균열(SCC)에 민감함을 보고하고 있다[3-5]. 반면에 일부 논문에서는 산성분위기에서 응력부식균열의 발생을 보고하였다[6].

본 실험은 formic acid 을 첨가한 산성분위기에서 pH 변화에 따른 터빈강의 응력부식균열 거동을 파악하고자 하였다.

### 2. 실험 방법

응력부식을 가속시키기 위해서 hastelloy C-276 autoclave 에서 저속인장법(slow strain rate technique :SSRT)을 이용하였다. 시편의 형상은 단면적은 8 mm<sup>2</sup> (4 mm×2 mm)이고, 게이지 길이는 25 mm인 판형 시편을 만들어 사용하였다. 본 실험에 사용된 장비는 Toshin 사의 SERT-C-5000 모델이다. 크로스헤드가 아래쪽으로 이동함으로써 시편에 인장이 가해진다. 시험 조건은 질소로 퍼징(purging)하여 용존산소를 10 ppb 이하를 유지하였으며, 변형 속도(strain rate)는  $1.00 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$  이었다. pH 는 상온에서 pH3.0 ~ 4.5 로 맞춘 후 온도를 150°C로 올려 시험을 하였다. 시편에 가해진 하중은 시간에 따른 변화를 기록했으며, 각각의 시편에 대하여 하중-변형의 곡선을 얻었다. 각 시편들의 파면을 scanning electron microscope (SEM)으로 관찰하였다.

### 3. 결과 요약

본 실험을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

pH4.2 에서 pH3.4 으로 pH 가 감소할수록 연신률과 단면적 감소율은 증가하였으며 pH3.4 부터는 pH 가 감소할수록 연신률 및 단면적감소율은 감소하였다.

pH 4.2~3.7 에서는 IGSCC 가 발생하였으며, pH3.6 부터는 TGSCC 가 발생하였다. pH3.6 부근에서 SCC 발생비가 최소를 이룬 후, pH 가 감소할수록 SCC 발생영역은 증가하였다.

### 참고 문헌

- 1) J. H. Hodge and I. L. Mogford, "U.K. Experience of Stress Corrosion Cracking in Steam Turbine Discs," Proc. Inst. Mech. Eng., 193, p.95-109, 1979
- 2) F. F. Lyle, Jr., "Stress Corrosion Cracking in Low Pressure Steam Turbines," Corrosion 94, 1994
- 3) A. MCMINN, F. F. LYLE, JR., and G. R. LEVERANT, "Stress Corrosion Cracking Growth in NiCrMoV Turbine Disc Steels", CORROSION Vol.41, p.493-502, 1985
- 4) FRED F. LYLE, JR., "Stress Corrosion Cracking Characterization of 3.5 NiCrMoV Low Pressure Turbine Rotor Steels in NaOH and NaCl Solutions", CORROSION Vol.39, p.120-131, 1983
- 5) R. S. SHALVOY, "The Effect of Potential and Caustic Concentration on the Stress Corrosion Cracking of NiCrMoV Steel at 100 C", CORROSION Vol.39, p. 66-70, 1983
- 6) Jean Marie GRAS, Francois VAILLANT, Michel DORDONAT, Jean Philippe DURRY, "Stress Corrosion Cracking of Turbine Disc Steel: A Study of Mechanism", Six International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems- Water Reactors, pp.131-134, 199